

氷模擬試料を用いたメタンハイドレートの生成

清水建設 正会員 西尾伸也 安部 透 荻迫栄治
北海道大学 正会員 赤川 敏

1.はじめに メタンハイドレートは石油・天然ガスに代わる次世代資源として脚光を浴びている。日本周辺海域にも豊富なメタンハイドレートが賦存すると推定され、それを安全にしかも経済的に産出する技術の開発が求められている。経済産業省が策定した「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」に基づき、「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」が組織され、(財)エンジニアリング振興協会が環境影響評価に関する研究開発を行っており、筆者らは、この中で、メタンハイドレート資源開発に伴う海底地盤の変形の可能性について検討を進めている。メタンハイドレートが分布する大水深海域の海底地盤からコアサンプルを採取する機会は限られており、対象地盤の力学的性質を調べる上で、室内における試料の作成方法が重要な位置付けとなる。地盤中におけるメタンハイドレートの存在状態は、その起源や地層条件により大きく異なることが知られており、それを室内で再現する試料作成方法を確立することが重要である。本研究では、メタンハイドレートの存在状態を模擬した氷試料から氷置換法によりメタンハイドレート試料を作成し、メタンハイドレート生成におよぼす間隙比、含水比および細粒分含有率の影響について検討を加えた。

2.試料と実験手順 地盤中のメタンハイドレートの存在状態(図-1 参照)はまだ十分に解明されていないが、それを室内で再現した試料作成方法の確立が必要となる。ここでは、間隙浮遊型(状態A)および土粒子固着型(状態B)を想定し、氷を用いて2つの状態を模擬した凍結試料からメタンハイドレートを作成した。試料作成方法は文献 1)に詳しい。実験には豊浦砂および豊浦砂に市販の緑泥石を重量比で5~20%混合した試料を用いた。緑泥石は、南海トラフ基礎試錐²⁾のコア試料で確認された粘土鉱物の一つである³⁾。用いた緑泥石の粒径加積曲線を図-2に示した。なお、氷置換法³⁾によるメタンハイドレートの生成手順およびメタンハイドレート生成装置は文献 4)に詳しい。

3.実験結果と考察 メタンハイドレート生成効率を以下、容積倍率を用いて定義した。容積倍率とは、メタンハイドレート容積に対する、分解によって生じるメタンガス容積(0、101.3kPa)の比を表すものであり、全ての水がメタンハイドレート化した場合の容積倍率は172となる。

豊浦砂試料の間隙比と容積倍率の関係を図-4に示した。状態Aの試料では、間隙比の値に依らずほぼ一定の容積倍率が得られ、初期含水比の影響も少ない。一方、状態Bの試料の場合、容積倍率に与える間隙比の影響は小さいが、初期含水比の増加に伴い容積倍率が大きく低下することがわかる。状態Aの試料中の氷は微粉末状であり、初期含水比が増加しても微粉末氷の量が増加するだけで、その大きさは保たれるため、微粉末氷とメタンガスの接触状況は保たれる。一方、状態Bの試料では、氷(水)

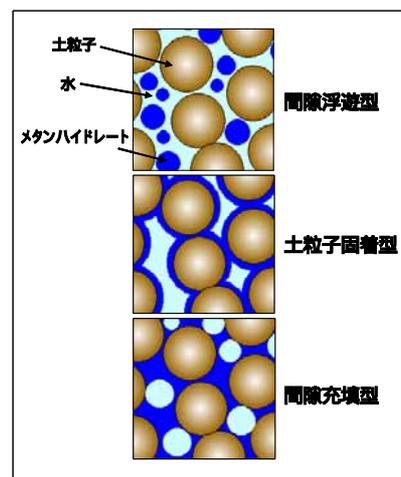


図-1 メタンハイドレートの存在状態

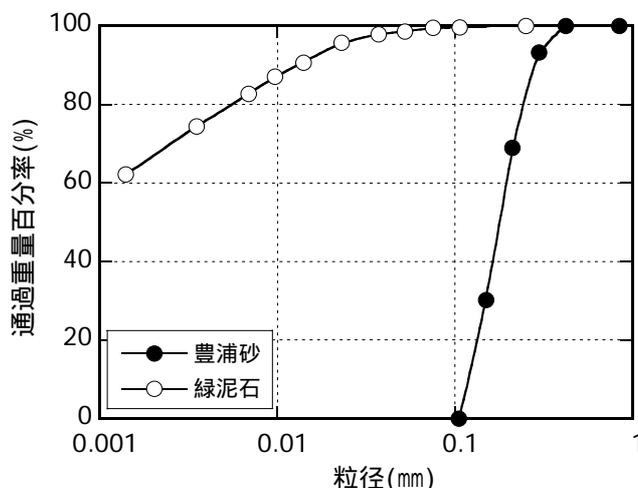


図-2 用いた市販緑泥石の粒径加積曲

キーワード：メタンハイドレート、氷、砂質土、細粒分

連絡先：〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 Phone:03-3820-6475

は土粒子に固着しており、初期含水比が増加すると土粒子表面の水層厚が増加するため、メタンガスと接触できない氷の量が増加し、ハイドレート化が抑制されることが想定される。図-5は、豊浦砂の比表面積（0.739m²/g）と含水比から計算した土粒子表面の水層厚と容積倍率の関係を示したものである。きれいな砂であっても、その間隙形状は複雑であり、土粒子表面の水層厚を単純には評価できないが、定性的には、土粒子表面の水層厚の増加に伴い容積倍率が線形的に減少することがわかる。

図-6に緑泥石混合豊浦砂試料における、初期含水比と容積倍率の関係を示す。細粒分含有率に依らず、含水比：8%程度で140以上の高い容積倍率が得られるが、その乾燥側、湿潤側では容積倍率が低下する。また、この低下傾向は細粒分含有率が大きな試料ほど大きいことがわかる。図中の直線は、図-5から求めた土粒子表面の水層厚と容積倍率の直線関係を緑泥石（比表面積：5.9m²/g）にも適用して計算した含水比と容積倍率の関係である。豊浦砂に比べ比表面積の大きな緑泥石を混合すると、同じ含水比では水層厚が減少するため、細粒分含有率の増加に伴い容積倍率が増加するものと考えられる。しかし、その定量的評価を行うためには、考慮すべき複雑な要因が存在する。豊浦砂と緑泥石では、水分特性曲線が大きく異なり（図-7参照）容積倍率に与える土粒子表面の水層厚や含水比の影響度も当然異なることが予想される。特に乾燥側で容積倍率が大きく低下する現象については、粘土鉱物表面の物理化学的性質が寄与している可能性が考えられ、メタンハイドレート試料の作成に際しては、粒径分布のみならず物理化学的性質についても留意することが重要である。

4. おわりに ここて示した氷置換法によるメタンハイドレート生成条件は、実際の深海底地盤に存在するメタンハイドレートのそれとは異なる。しかし、間隙中の存在状態が異なる様々なメタンハイドレート試料を作成できることから、室内での模擬試料作成に関する貴重な情報を入手することが可能である。今後も氷置換法を適用して、地盤の間隙水中でのメタンハイドレート生成について検討を進める予定である。

（参考文献）

- 1) 安部・西尾・若林・傳田・赤川：「メタンハイドレート資源開発に伴う海底地盤の変形予測 - その3：メタンハイドレートを模擬した氷試料のせん断特性」、第38回地盤工学研究発表会講演集、pp.379-380、2003。
- 2) 平成11年度 国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錘「南海トラフ」調査報告書、石油公団、2000。
- 3) Stern, L.A., Kirby S. H. and Durham, W. B.: Polycrystalline Methane Hydrate: Synthesis from Superheated Ice, and Low-Temperature Mechanical Properties, Energy & Fuels, Vol.12, No.2, p.201-211, 1998。
- 4) 安部・西尾・若林・荻迫・傳田・赤川：「砂質土試料中におけるメタンハイドレートの生成」、第39回地盤工学研究発表会講演集、pp.363-364、2004。

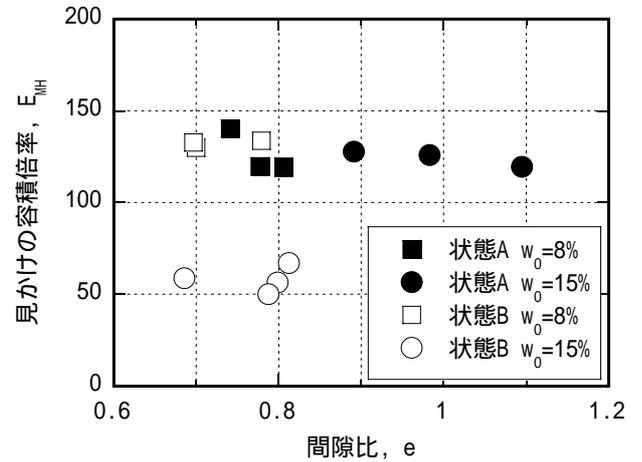


図-4 容積倍率に与える間隙比の影響

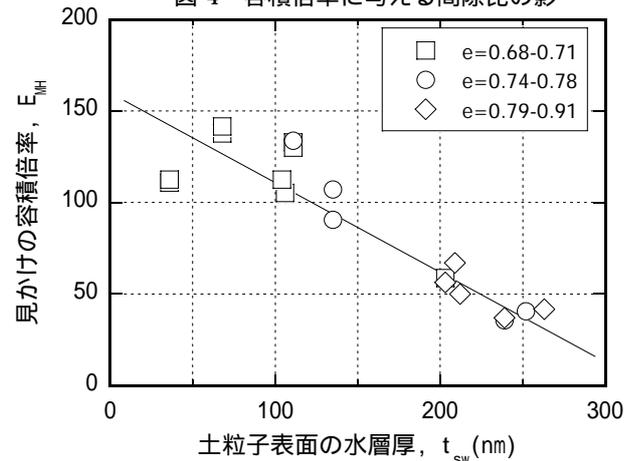


図-5 容積倍率に与えるt_{sw}の影響

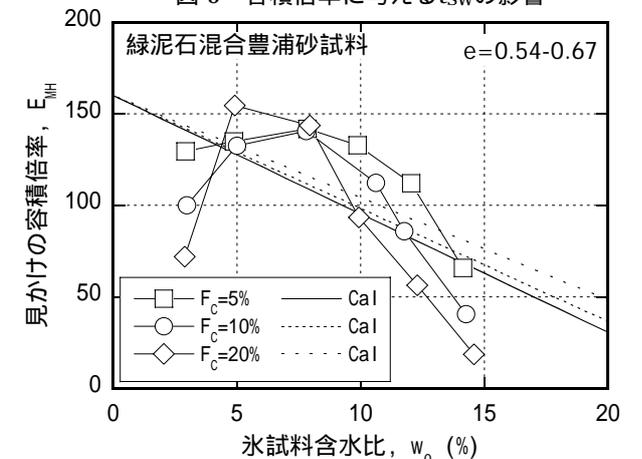


図-6 緑泥石混合試料の容積倍率

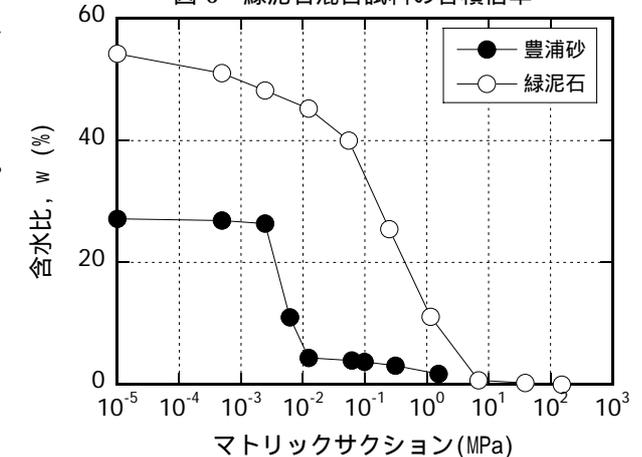


図-7 豊浦砂と緑泥石の水分特性曲